

• 论 著 •

基于组轨迹模型的中老年人群衰弱与认知功能 关联研究

彭星¹, 李逸晗², 陈振霆¹, 阿卜杜乃比·吾普尔¹, 井召航¹, 帕尔哈提·那斯尔¹, 杨蕾¹

1.新疆医科大学公共卫生学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2.新疆大学数学与系统科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046

摘要: **目的** 应用组轨迹模型分析中老年人群衰弱变化与认知功能的关联, 为制定中老年人群认知障碍预防干预策略提供依据。**方法** 基于中国健康与养老追踪调查项目收集2011—2018年≥45岁人群的人口学信息和生活行为等资料, 采用衰弱指数评估衰弱状况, 采用中文版简易精神状态检查量表评估认知功能。以2011—2018年衰弱指数建立组轨迹模型, 分析衰弱变化轨迹; 采用多重线性回归模型分析衰弱与认知功能的关联。**结果** 收集4 809人资料, 年龄为(56.63±7.73)岁; 男性2 621人, 占54.50%; 女性2 188人, 占45.50%。2018年调查显示认知功能下降574人, 占11.94%。组轨迹模型分析发现4组衰弱变化轨迹, 分别为正常稳定组、衰弱恢复组、衰弱前期进展组和衰弱持续组, 分别占69.27%、9.32%、16.20%和5.22%; 认知功能得分分别为(17.24±4.83)(16.38±5.53)(15.74±5.20)(15.02±5.11)分, 差异有统计学意义($P<0.05$)。多重线性回归分析结果显示, 调整年龄、性别、夜间睡眠时长和吸烟等混杂因素后, 相较于正常稳定组, 衰弱恢复组($\beta=-0.581$)、衰弱前期进展组($\beta=-0.583$)和衰弱持续组($\beta=-0.662$)认知功能下降风险较高(均 $P<0.05$)。**结论** 中老年人群衰弱存在4组变化, 相较于正常稳定组, 衰弱进展、持续和恢复组的认知功能下降更明显。

关键词: 衰弱; 认知功能; 中老年人; 组轨迹模型**中图分类号:** R473 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-5087 (2025) 05-0449-06

Association between frailty and cognitive function among middle-aged and elderly populations based on group-based trajectory model

PENG Xing¹, LI Yihan², CHEN Zhenting¹, Abudunaibi Wupuer¹, JING Zhaochang¹, Paerhati Nasier¹, YANG Lei¹

1.School of Public Health, Xinjiang Medical University, Urumqi, Xinjiang 830054, China; 2.School of Mathematics and System Sciences, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China

Abstract: Objective To examine the association between frailty and cognitive function in middle-aged and elderly populations using group-based trajectory model (GBTM), so as to provide insights into the prevention and intervention strategies for cognitive impairment in this population. **Methods** From 2011 to 2018, data of demographic information and lifestyle behavior for individuals aged ≥45 years were collected from the China Health and Retirement Longitudinal Study. Frailty status was assessed using the frailty index, and cognitive function was evaluated using the Chinese version of the Mini-Mental State Examination. GBTM was applied to establish frailty trajectories based on the frailty index from 2011 to 2018 to analyze the trajectory of frailty changes. The association between frailty and cognitive function was analyzed using multiple linear regression model. **Results** A total of 4 809 participants were included, with a mean age of (56.63±7.73) years. There were 2 621 males (54.50%) and 2 188 females (45.50%). The 2018 survey identified 574 individuals (11.94%) with cognitive function decline. GBTM identified four distinct frailty trajectories including the normal and stable group (69.27%), recovering frail group (9.32%), progressing pre-frail group (16.20%) and persistently

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2025.05.004**基金项目:** 新疆医科大学大学生创新训练计划省级项目 (S202310760031);

新疆医科大学2022年博士科研启动基金项目 (0103010211)

作者简介: 彭星, 硕士研究生在读, 流行病与卫生统计学专业**通信作者:** 杨蕾, E-mail: xjyanglei_616@sina.com

frail group (5.22%). The mean cognitive function scores for these groups were (17.24 ± 4.83) (16.38 ± 5.53) (15.74 ± 5.20) (15.02 ± 5.11) points, respectively. The differences in cognitive function scores across groups were statistically significant ($P < 0.05$). Multiple linear regression analysis showed, after adjusting for confounding factors such as gender, age, nighttime sleep duration, and smoking, compared with the normal and stable group, the cognitive function decline risk was higher in the frailty recovery group ($\beta = -0.581$), the pre-frail progression group ($\beta = -0.583$), and the persistently frail group ($\beta = -0.662$) compared with the non-frail stable group (all $P < 0.05$). **Conclusions** There are four groups of changes in frailty among the middle-aged and elderly populations. Compared with the normal and stable group, the groups experiencing progression, persistence, and recovery of frailty exhibit a more pronounced risk of cognitive function decline.

Keywords: frailty; cognitive function; middle-aged and elderly populations; group-based trajectory model

认知功能下降是衰老的自然变化过程,严重可发展为痴呆^[1-2]。衰弱是多系统生理功能下降,对外界刺激易感性增加而导致系统失调的综合征。研究表明,衰弱可能通过饮食摄入、身体活动等行为影响代谢和免疫系统,进而对认知功能产生影响^[3]。研究显示,衰弱会随年龄增长发生动态变化,不同群体呈现不同的变化趋势^[4-5]。组轨迹模型在识别群体内部多种发展变化模式及其与疾病的关联上具有优势^[6]。但相关衰弱研究大多以横断面或单一纵向数据分析为主,本研究基于中国健康与养老追踪调查(China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS)项目2011—2018年调查资料,分析中老年人群衰弱变化与认知功能的关联,为制定中老年人群认知障碍预防干预策略提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

CHARLS项目基线调查覆盖150个县级单位,450个村级单位,约1万户家庭及1.7万名 ≥ 45 岁中老年人,每2~3年开展1次随访调查^[7]。本研究资料来源于CHARLS项目2011年基线调查资料和2013年、2015年、2018年随访调查资料,收集年龄、性别、婚姻状况、居住地、文化程度、退休、夜间睡眠时长、午睡时长、社会参与、吸烟、饮酒、生活满意度、衰弱和认知相关因素等。本研究对象纳入标准:(1)基线调查时年龄 ≥ 45 岁的常住居民;(2)基线认知功能得分 ≥ 11 分;(3)至少随访2次。排除标准:(1)患抑郁症、精神分裂症等情感或精神疾病;(2)基线调查时患老年期痴呆、脑萎缩和帕金森病等与记忆相关的疾病;(3)评估衰弱、认知功能的变量缺失。

1.2 方法

1.2.1 衰弱评估

采用衰弱指数评估衰弱状况。衰弱指数根据35个健康测评问题建立^[8],包括慢性病12题、主观健

康评价1题、基础性日常生活活动6题、工具性日常生活活动5题、身体功能9题和感官功能2题。答题项为二分类赋分0和1,三分类赋分0、0.5和1,得0.5或1表示该答题项上存在健康问题。衰弱指数为得分之和除以题目总数,范围为0~1,其中 < 0.12 为正常; $0.12 \sim < 0.25$ 为衰弱前期; ≥ 0.25 为衰弱^[9]。

1.2.2 认知功能评估

根据CHARLS项目2011年资料评估基线认知功能,筛选出认知功能正常的研究对象,再根据CHARLS 2018年资料评估的认知功能作为结局,分析衰弱变化对认知功能的影响。采用中文版简易精神状态检查量表评估^[10]认知功能。该量表包括情景记忆、定向力、数字计算和绘画能力4部分:情景记忆是对10个单词的即时和延时回忆,每回忆1个单词计1分,共20分;定向力是对今天是星期几、日期(年、月、日)和季节的回答,每答对1题计1分,共5分;数字计算是计算100减7的差,并连续减5次,每答对1题计1分,共5分;绘画能力是将调查人员展示的图片绘制出来,绘制成功得1分,共1分。4部分相加为认知功能得分,范围0~31分,得分越高表示认知功能越好, < 11 分为认知功能下降。

1.2.3 组轨迹模型建立及效果评价

组轨迹模型最早由NAGIN^[11]提出,用于研究个体或群体的发展轨迹或变化趋势。假定研究群体中存在多个不同的轨迹组,各轨迹组内个体遵循相似的发展趋势,通过极大似然法估计模型参数,计算结果轨迹的分布概率^[12]。本研究采用SAS 9.4软件建立衰弱轨迹模型,纳入2011年、2013年、2015年和2018年研究对象衰弱指数数据,预先构建包含1~6个潜在轨迹组候选模型,每个轨迹组分别采用线性、二次多项式和三次多项式函数进行参数化,捕捉衰弱指数随时间的动态变化。估计各组轨迹参数,评估模型的拟合优度及轨迹形态的临床可解释性,选取

最优轨迹模型。

采用以下指标评价模型拟合效果^[6, 13-14]：(1) 平均后验概率 (average posterior probability, Avepp)，量化个体归属于最可能潜在类别的概率，评估分组结果的可靠性，>70% 为分组结果具有合理可靠性；(2) 正确分类优势 (odds of correct classification, OCC)，评估研究对象正确分类到每一组的概率，>5 表示模型分配精度较高；(3) 贝叶斯信息准则 (Bayesian information criterion, BIC)，衡量模型拟合优良性的准则，能够平衡模型的复杂性，值越小表示模型拟合越好；(4) 每个轨迹组的成员不少于总样本量的 5%。

1.3 统计分析

采用 SPSS 26.0 软件统计分析。定量资料服从正态分布的采用均数±标准差 ($\bar{x} \pm s$) 描述，组间比较采用单因素方差分析；定性资料采用相对数描述，组间比较采用 χ^2 检验。采用多重线性回归模型分析衰弱与认知功能的关联。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况

纳入 4 809 名中老年人资料，年龄为 (56.63±7.73) 岁。男性 2 621 人，占 54.50%；女性 2 188 人，占 45.50%。有配偶 4 470 人，占 92.95%。农村 2 761 人，占 57.41%；城市 2 048 人，占 42.59%。小学以下文化程度 1 149 人，占 23.89%；小学 1 274 人，占 26.49%；初中 1 495 人，占 31.09%；高中及以上 891 人，占 18.53%。

2.2 衰弱轨迹分析

拟合 6 组衰弱轨迹模型，第四组轨迹模型的拟合评价指标均符合要求 (Avepp=92.34%，OCC=6.03，BIC=-32 501.90)，为最优轨迹模型。根据衰弱的评估标准及轨迹特点对 4 个轨迹组命名。分组 1 的衰弱指数总体水平 <0.12 且波动较小，长期变化整体稳定，命名为正常稳定组，3 331 人占 69.27%；分组 2 的衰弱指数在基线调查时 >0.4，随后下降至接近 0.1，再次上升但未超过 0.2，表现为初始阶段处于衰弱期，后降至正常，最后又回升至衰弱前期，总体表现为衰弱的逆转，命名为衰弱恢复组，448 人占 9.32%；分组 3 的衰弱指数从 0.15 左右逐渐上升至接近 0.25，保持在衰弱前期状态并呈上升趋势，命名为衰弱前期进展组，779 人占 16.20%；分组 4 的衰弱指数基线调查后始终 ≥0.25，总体保持在衰弱，命名为衰弱持续组，251 人占 5.22%。见图 1。

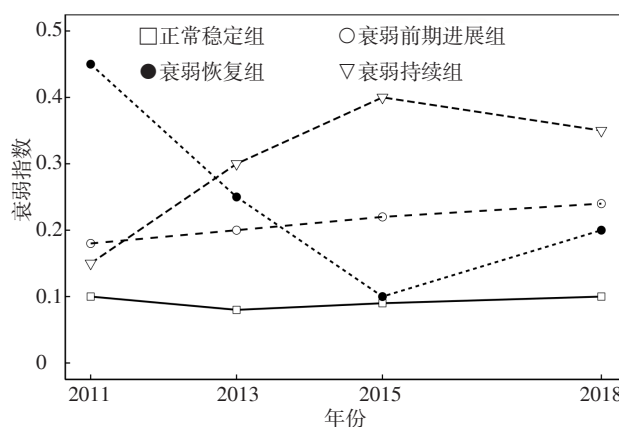


图 1 中老年人 4 组衰弱轨迹

Figure 1 Frailty trajectories of four groups among middle-aged and elderly populations

2.3 4 组衰弱轨迹组中老年人认知功能得分比较

2018 年随访发现认知功能下降 574 人，占 11.94%。正常稳定组、衰弱恢复组、衰弱前期进展组和衰弱持续组认知功能得分分别为 (17.24±4.83)、(16.38±5.53)、(15.74±5.20) 和 (15.02±5.11) 分，差异有统计学意义 ($P<0.05$)。4 组衰弱轨迹组中老年人的年龄、性别、婚姻状况、文化程度、夜间睡眠时长、社会参与、吸烟、饮酒和生活满意度比较，差异有统计学意义 (均 $P<0.05$)。见表 1。

2.4 衰弱与认知功能的关联分析

以认知功能得分为因变量，以 4 组衰弱轨迹组为自变量，以正常稳定组为参照，建立 3 个多重线性回归模型：模型 1 未调整变量，模型 2 调整年龄、性别、婚姻状况、居住地、文化程度和退休，模型 3 在模型 2 的基础上调整夜间睡眠时长、午睡时长、社会参与、吸烟、饮酒和生活满意度。结果显示，相较于正常稳定组，衰弱恢复组、衰弱前期进展组和衰弱持续组认知功能下降风险较高。见表 2。

3 讨论

基于 CHARLS 项目数据库 4 809 名中老年人 2011—2018 年的衰弱纵向数据，建立衰弱轨迹模型，衡量衰弱动态变化的关键指标，并探讨了衰弱轨迹与认知功能之间的关联。相较于传统的横断面和纵向分析，本研究区分了中老年人中多样化的衰弱发展轨迹，有助于尽早筛查处于衰弱高风险的人群，制定个性化的干预措施，为改善衰弱状况、提高认知功能水平提供依据。

本研究发现了 4 组衰弱变化轨迹，即基线至结

表 1 4 组衰弱轨迹组中老年人基本特征及认知功能得分比较

Table 1 Comparison of baseline characteristics and cognitive function scores of four groups among middle-aged and elderly populations

项目	调查对象 (n=4 809)	正常稳定组 (n=3 331)	衰弱恢复组 (n=448)	衰弱前期进展组 (n=779)	衰弱持续组 (n=251)	F/ χ^2 值	P值
年龄/岁 ^①	56.63±7.73	55.80±7.46	56.71±7.86	58.95±8.07	60.17±7.66	55.292	<0.001
性别						99.842	<0.001
男	2 621 (54.50)	1 960 (58.84)	235 (52.46)	332 (42.62)	94 (37.45)		
女	2 188 (45.50)	1 371 (41.16)	213 (47.54)	447 (57.38)	157 (62.55)		
婚姻状况						42.514	<0.001
无配偶	339 (7.05)	191 (5.73)	31 (6.92)	81 (10.40)	36 (14.34)		
有配偶	4 470 (92.95)	3 140 (94.27)	417 (93.08)	698 (89.60)	215 (85.66)		
居住地						7.129	0.068
农村	2 761 (57.41)	1 892 (56.80)	254 (56.70)	451 (57.89)	164 (65.34)		
城市	2 048 (42.59)	1 439 (43.20)	194 (43.30)	328 (42.11)	87 (34.66)		
文化程度						119.973	<0.001
小学以下	1 149 (23.89)	688 (20.65)	110 (24.55)	250 (32.09)	101 (40.24)		
小学	1 274 (26.49)	857 (25.73)	113 (25.22)	229 (29.40)	75 (29.88)		
初中	1 495 (31.09)	1 109 (33.29)	144 (32.14)	193 (24.78)	49 (19.52)		
高中及以上	891 (18.53)	677 (20.32)	81 (18.08)	107 (13.74)	26 (10.36)		
退休						7.703	0.053
是	769 (15.99)	519 (15.58)	62 (13.84)	149 (19.13)	39 (15.54)		
否	4 040 (84.01)	2 812 (84.42)	386 (86.16)	630 (80.87)	212 (84.46)		
夜间睡眠时长/h						54.057	<0.001
6~<9	3 304 (68.70)	2 380 (71.45)	303 (67.63)	488 (62.64)	133 (52.99)		
≥9或<6	1 505 (31.30)	951 (28.55)	145 (32.37)	291 (37.36)	118 (47.01)		
午睡时长/min						9.487	0.394
不午睡	2 095 (43.56)	1 444 (43.35)	186 (41.52)	348 (44.67)	117 (46.61)		
<30	458 (9.52)	307 (9.22)	38 (8.48)	84 (10.78)	29 (11.55)		
30~<90	1 608 (33.44)	1 124 (33.74)	165 (36.83)	241 (30.94)	78 (31.08)		
≥90	648 (13.47)	456 (13.69)	59 (13.17)	106 (13.61)	27 (10.76)		
社会参与						19.039	<0.001
是	2 629 (54.67)	1 876 (56.32)	215 (47.99)	422 (54.17)	116 (46.22)		
否	2 180 (45.33)	1 455 (43.68)	233 (52.01)	357 (45.83)	135 (53.78)		
吸烟						69.946	<0.001
是	1 767 (36.74)	1 343 (40.32)	155 (34.60)	209 (26.83)	60 (23.90)		
否	3 042 (63.26)	1 988 (59.68)	293 (65.40)	570 (73.17)	191 (76.10)		
饮酒						39.902	<0.001
是	1 614 (33.56)	1 209 (36.30)	135 (30.13)	212 (27.21)	58 (23.11)		
否	3 195 (66.44)	2 122 (63.70)	313 (69.87)	567 (72.79)	193 (76.89)		
生活满意度						49.366	<0.001
满意	632 (13.14)	381 (11.44)	55 (12.28)	136 (17.46)	60 (23.90)		
一般	3 164 (65.79)	2 217 (66.56)	302 (67.41)	501 (64.31)	144 (57.37)		
不满意	1 013 (21.06)	733 (22.01)	91 (20.31)	142 (18.23)	47 (18.73)		
认知功能得分 ^①	17.69±3.64	17.24±4.83	16.38±5.53	15.74±5.20	15.02±5.11	32.484	<0.001

注：①表示采用 $\bar{x}\pm s$ 描述，统计量为F值；其他项采用n（%）描述，统计量为 χ^2 值。

局总体保持正常的稳定组（正常稳定组）、从衰弱逆转至正常或衰弱前期组（衰弱恢复组）、缓慢进展至衰弱前期组（衰弱前期进展组）和持续向衰弱发展组（衰弱持续组），涵盖了稳定、进展和逆转的衰弱发展轨迹。由于个体差异化、衰弱定义不同等原因，不同研究构建的衰弱轨迹模型存在差异。本研究衰弱轨迹模型获得了其他研究的支持，如 TCHALLA 等^[15] 在针对法国人群的研究中同样识别出 4 组衰弱轨迹，分别命名为持续稳定组、衰弱后改善至轻度组、前期衰弱恶化组和衰弱持续恶化组，提示了本研究结果的

表 2 衰弱轨迹与认知功能关联的多重线性回归分析

Table 2 Multiple linear regression analysis of the associations between frailty trajectory and cognitive function

变量	模型 1		模型 2		模型 3	
	β (95%CI)	P 值	β (95%CI)	P 值	β (95%CI)	P 值
衰弱恢复组	-0.863 (-1.354~-0.372)	0.001	-0.588 (-1.020~-0.155)	0.008	-0.581 (-1.013~-0.149)	0.008
衰弱前期进展组	-1.507 (-1.895~-1.118)	<0.001	-0.602 (-0.951~-0.252)	0.001	-0.583 (-0.934~-0.233)	0.001
衰弱持续组	-2.229 (-2.867~-1.590)	<0.001	-0.713 (-1.285~-0.140)	0.015	-0.662 (-1.236~-0.088)	0.024

合理性。

衰弱与认知功能下降密切相关。本研究显示，相对于正常稳定组，衰弱恢复组、衰弱前期进展组和衰弱持续组均与认知功能呈负相关，表明衰弱进展消极影响认知功能。这一发现与既往研究形成证据链：江美婷等^[16]同样基于 CHARLS 项目发现衰弱可间接负向影响认知功能；HAN 等^[17]以中国老年健康调查项目中≥65 岁老年人为研究对象，发现衰弱前期和衰弱的老年人发生认知障碍的风险更高；LI 等^[18]利用美国健康与退休研究队列中 15 454 名≥50 岁人群资料，构建了非衰弱、新发衰弱、轻度衰弱（U 型和倒 U 型）和衰弱 5 组轨迹，发现衰弱和轻度衰弱组轨迹与认知功能下降有关。本研究发现衰弱恢复组仍可增加认知功能下降风险，但影响小于衰弱持续组。LI 等^[18]也发现轻度衰弱表现出的 2 组不同轨迹均与认知评分呈负相关，其 U 型轨迹与本研究中衰弱恢复组的变化趋势相似，提示衰弱恢复组虽有逆转趋势却并未成功，总体表现为轻度衰弱，仍增加认知功能下降风险。

衰弱与认知功能下降的关联可能通过以下共同潜在机制解释：（1）炎症反应，衰弱中老年人的血清白细胞介素-6、肿瘤坏死因子 α 等炎症因子水平高于同年龄的健康人群，而这些炎症因子均与认知功能下降相关^[19-20]。（2）氧化应激，有研究指出氧化应激反应引起机体蛋白酶体活性增加，导致肌肉分解，机体活动量下降进而诱发衰弱^[20]。老年人大脑中线粒体氧化应激和功能障碍普遍增加，影响淀粉样前体蛋白的表达和加工，致使 β 淀粉样蛋白寡聚体产生，引起神经元毒性，导致认知功能障碍^[21]。（3）胰岛素抵抗，研究发现，胰岛素敏感性降低引起肌肉质量、身体活动水平下降，从而导致衰弱；同时胰岛素水平会直接影响脑代谢，进而对认知功能造成影响^[22-24]。然而，目前关于衰弱与认知功能之间的机制尚不完全清楚，仍需深入探索。

本研究采用组轨迹模型识别出不同的衰弱轨迹，证实了衰弱的异质性及可逆性，提示衰弱的不同变化

轨迹可作为认知功能下降的风险因素，为后续针对性制定衰弱干预措施进而预防认知障碍提供参考。今后研究可尝试进行干预性实验探究衰弱对认知功能的影响及机制，明确可改善的关键因素，为早期识别和干预认知功能障碍提供支持。

参考文献

[1] JONGSIRIYANYONG S, LIMPAWATTANA P. Mild cognitive impairment in clinical practice: a review article [J]. Am J Alzheimers Dis Other Demen, 2018, 33 (8): 500-507.

[2] GBD 2019 Dementia Forecasting Collaborators. Estimation of the global prevalence of dementia in 2019 and forecasted prevalence in 2050: an analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. Lancet Public Health, 2022, 7 (2): 105-125.

[3] VAHEDI A, ERIKSDOTTER M, IHLE H H, et al. Cognitive impairment in people with physical frailty using the phenotype model: a systematic review and meta analysis [J/OL]. Int J Geriatr Psychiatry, 2022, 37 (11) [2025-03-14]. <https://doi.org/10.1002/gps.5822>.

[4] 杨帆, 王双, 覃海, 等. 社区老年人衰弱状态的过渡及其恶化影响因素分析的前瞻性研究 [J]. 中华流行病学杂志, 2019, 40 (2): 186-190.

YANG F, WANG S, QIN H, et al. Frailty progress and related factors in the elderly living in community: a prospective study [J]. Chin J Epidemiol, 2019, 40 (2): 186-190. (in Chinese)

[5] 金玲玲, 张鸣庆, 黄春妍, 等. 老年人衰弱的影响因素研究 [J]. 预防医学, 2024, 36 (11): 931-935.

JIN L L, ZHANG M Q, HUANG C Y, et al. Influencing factors for frailty among the elderly [J]. China Prev Med J, 2024, 36 (11): 931-935. (in Chinese)

[6] 张晨旭, 谢峰, 林振, 等. 基于组轨迹模型及其研究进展 [J]. 中国卫生统计, 2020, 37 (6): 946-949.

ZHANG C X, XIE F, LIN Z, et al. Research progress based on group trajectory models [J]. Chin J Health Stat, 2020, 37 (6): 946-949. (in Chinese)

[7] ZHAO Y H, HU Y S, SMITH J P, et al. Cohort profile: the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) [J]. Int J Epidemiol, 2014, 43 (1): 61-68.

[8] SEARLE S D, MITNITSKI A, GAHBAUER E A, et al. A standard procedure for creating a frailty index [J/OL]. BMC Geriatr, 2008, 8 [2025-03-14]. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-8-24>.

[9] 中华医学会老年医学分会. 老年患者衰弱评估与干预中国专家

- 共识 [J]. 中华老年医学杂志, 2017, 36 (3): 251-256.
Chinese Society of Gerontology and Geriatrics. Chinese experts consensus on assessment and intervention for elderly patients with frailty [J]. Chin J Geriatr, 2017, 36 (3): 251-256. (in Chinese)
- [10] MOSE A, CHEN Y H, TAN X S, et al. Association of social integration with cognitive function trajectories among Chinese older adults: evidence from the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) [J/OL]. Front Aging Neurosci, 2023, 15 [2025-03-14]. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1322974>.
- [11] NAGIN D S. Group-based trajectory modeling: an overview [J]. Ann Nutr Metab, 2014, 65 (2/3): 205-210.
- [12] NAGIN D S, JONES B L, ELMER J. Recent advances in group-based trajectory modeling for clinical research [J]. Annu Rev Clin Psychol, 2024, 20 (1): 285-305.
- [13] 于泽洋, 张甜甜, 黄慧杰, 等. 基于动态轨迹分析的天津市男男性行为者性行为模式研究 [J]. 中国卫生统计, 2023, 40 (2): 187-190, 194.
YU Z Y, ZHANG T T, HUANG H J, et al. Study on sexual behavior pattern of men who have sex with men in Tianjin based on dynamic trajectory analysis [J]. Chin J Health Stat, 2023, 40 (2): 187-190, 194. (in Chinese)
- [14] XU X H, HUANG R H, LIN Y F, et al. High triglyceride-glucose index in young adulthood is associated with incident cardiovascular disease and mortality in later life: insight from the CARDIA study [J/OL]. Cardiovasc Diabetol, 2022, 21 (1) [2025-03-14]. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01593-7>.
- [15] TCHALLA A, CARDINAUD N, GAYOT C, et al. Patterns, predictors, and outcomes of frailty trajectories in community-dwelling older adults: results from the FREEDOM Cohort Study [J/OL]. Arch Gerontol Geriatr, 2023, 114 [2025-03-14]. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2023.105101>.
- [16] 江美婷, 杨文菲, 张翔, 等. 老年人衰弱在社会隔离与认知功能间的中介效应分析 [J]. 预防医学, 2025, 37 (1): 17-20.
JIANG M T, YANG W F, ZHANG X, et al. Mediating effect of frailty on social isolation and cognitive function among the elderly [J]. China Prev Med J, 2025, 37 (1): 17-20. (in Chinese)
- [17] HAN S Y, GAO T J, MO G J, et al. Bidirectional relationship between frailty and cognitive function among Chinese older adults [J/OL]. Arch Gerontol Geriatr, 2023, 114 [2025-03-14]. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2023.105086>.
- [18] LI R D, LIU Z R, HUANG R D, et al. Frailty trajectory predicts subsequent cognitive decline: a 26-year population-based longitudinal cohort study [J/OL]. MedComm, 2023, 4 (3) [2025-03-14]. <https://doi.org/10.1002/mco2.296>.
- [19] 马丽娜, 李莹. 慢性炎症对老年人生理衰弱和认知功能障碍的影响研究进展 [J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2020, 34 (10): 1078-1080.
MA L N, LI Y. Influence of chronic inflammation on physical frailty and cognitive impairment in the elderly [J]. Chin J Pract Diagn Ther, 2020, 34 (10): 1078-1080. (in Chinese)
- [20] 王影, 陈艺舟, 高明龙, 等. 衰弱与老年人认知功能障碍相关发病机制的研究进展 [J]. 武警医学, 2021, 32 (4): 349-353.
WANG Y, CHEN Y Z, GAO M L, et al. Research progress on the pathogenesis of frailty-related cognitive impairment in the elderly [J]. Med J Chin PAP, 2021, 32 (4): 349-353. (in Chinese)
- [21] IONESCU T A, COTMANN C W. Emerging roles of oxidative stress in brain aging and Alzheimer's disease [J]. Neurobiol Aging, 2021, 107: 86-95.
- [22] 曾炜, 管张烁, 沈大鹏, 等. 老年衰弱发病机制的研究进展 [J]. 现代医药卫生, 2024, 40 (16): 2855-2858, 2872.
ZENG W, GUAN Z S, SHEN D P, et al. Research progress on the pathogenesis of geriatric frailty [J]. J Mod Med Health, 2024, 40 (16): 2855-2858, 2872. (in Chinese)
- [23] 王晓薇, 许艳岚. 老年 2 型糖尿病患者认知衰弱风险预测研究 [J]. 预防医学, 2023, 35 (12): 1037-1042.
WANG X W, XU Y L. Prediction of cognitive decline among elderly patients with type 2 diabetes mellitus [J]. China Prev Med J, 2023, 35 (12): 1037-1042. (in Chinese)
- [24] 陈萱, 胡静芸, 陈千红, 等. AD 认知功能障碍的代谢紊乱机制: 脑胰岛素抵抗及其介导的 PI3K/Akt 信号通路受损 [J]. 生命的化学, 2020, 40 (2): 269-276.
CHEN X, HU J Y, CHEN Q H, et al. Metabolic disorder mechanisms of cognitive dysfunction in AD: brain insulin resistance and impairment of the PI3K/Akt signaling pathway [J]. Chem Life, 2020, 40 (2): 269-276. (in Chinese)

收稿日期: 2024-11-26 修回日期: 2025-03-14 本文编辑: 徐文璐